



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09215072 A

(43) Date of publication of application: 15.08.97

(51) Int. Cl.

H04Q 11/04  
G02F 1/01  
G02F 1/35  
H04B 10/08  
H04B 10/02  
H04Q 3/52

(21) Application number: 08022358

(22) Date of filing: 08.02.96

(71) Applicant: NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>(72) Inventor: KOGA MASABUMI  
SATO KENICHI

## (54) OPTICAL PATH MONITOR

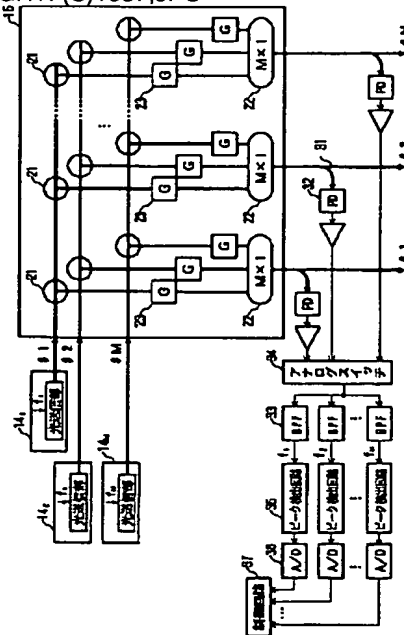
## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To uniformize signal light levels of each wavelength outputted from an optical switch section by monitoring whether or not optical paths are cross-connected to output ports correctly.

**SOLUTION:** A PLT signal with each frequency separated by a band-pass filter 33 is given to a peak detection circuit 35, in which the amplitude is detected and the signal is converted by an A/D converter 36 into a digital signal, and it is given to a control circuit 37. The control circuit 37 compares each level of each PLT signal having the respective frequency with a reference voltage  $V_{ref1}$  to detect signal interruption. When the level is higher than the reference voltage  $V_{ref1}$ , it is recognized that an optical path is cross-connected to an output port being a monitor object selected by an analog switch 34 and when the level is smaller than the reference voltage  $V_{ref1}$ , it is recognized that an optical path is not cross-connected to an output port. Through the recognition above, since it is correctly recognized that each of M-sets of optical paths is connected to any of N-sets of  $M \times 1$  photocouplers 22 and the signal is outputted thereto, whether or not the

optical paths are set correctly is monitored as a node.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



J1017 U.S. PTO  
09/960503  
09/24/01

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 2 1 5 0 7 2

(43) 公開日 平成9年(1997)8月15日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 Q	11/04		H 0 4 Q	11/04 L
G 0 2 F	1/01		G 0 2 F	1/01 C
	1/35	5 0 1		1/35 5 0 1
H 0 4 B	10/08		H 0 4 Q	3/52 B
	10/02		H 0 4 B	9/00 K
審査請求 未請求 請求項の数 4			O L	(全 1 0 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-22358

(22) 出願日 平成8年(1996)2月8日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 古賀 正文

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 佐藤 健一

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

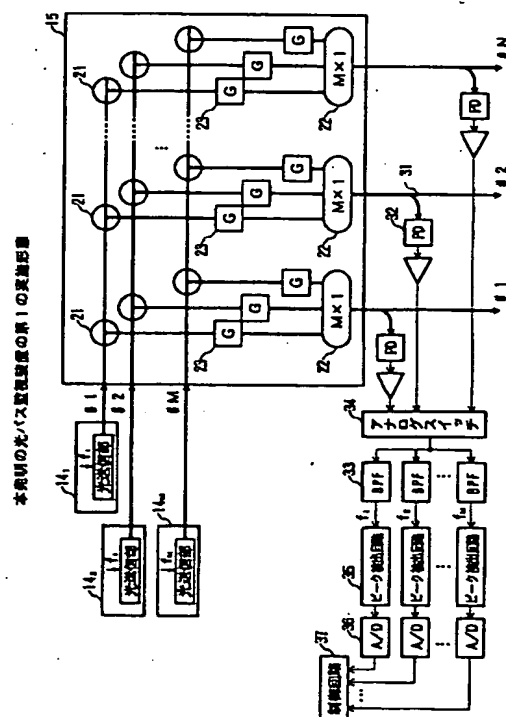
(74) 代理人 弁理士 古谷 史旺

(54) 【発明の名称】 光パス監視装置

(57) 【要約】

【課題】 光パス網の概念を用いたネットワーク構成において、光パスの設定状態を監視し、光パスに対応した信号光レベルを容易に制御する。

【解決手段】 光パス・クロスコネクシステム的光スイッチ部で、信号光に重畳した P L T 信号をモニタして光パスの設定状態および信号光レベルの監視と制御を行う。主信号光に重畳された P L T 信号には波長に固有の周波数を割り当てるので、各周波数成分の振幅値を検出することにより、波長多重化信号光の各光パスの設定状態と信号光レベルとを認識する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 N本の入力用光伝送路から入力されるM本の波長多重化信号光をそれぞれM本の光パスとして認識し、N本の出力用光伝送路に対してN×M本の光パスのクロスコネクトを行う光パス・クロスコネクトシステムにおいて、

波長の異なるM本の光パスには、主信号情報とは別に、各波長に固有に割り当てられた周波数のパイロット・トーン信号が重畳されており、

前記光パス・クロスコネクトシステムでクロスコネクトを行う光スイッチ部の出力信号光強度の一部を分岐する光分岐手段と、

前記光分岐手段で分岐された信号光を電気信号に変換し、前記各周波数のパイロット・トーン信号の振幅値を検出するパイロット・トーンレベル検出手段と、

前記各周波数のパイロット・トーン信号の振幅値から、前記光スイッチ部の出力ポートにおける波長多重数および信号光レベルを検出し、各光パスの設定状態を監視する制御手段とを備えたことを特徴とする光パス監視装置。

【請求項2】 光スイッチ部内に、光パスに対応する信号光レベルを可変させる光可変減衰器と、パイロット・トーンレベル検出手段で検出された各周波数のパイロット・トーン信号の振幅値が均一になるように前記光可変減衰器を制御し、均一な信号光レベルに調整する光可変減衰器制御手段とを備えたことを特徴とする請求項1に記載の光パス監視装置。

【請求項3】 光可変減衰器は、シリカ系基板上に形成した導波路型干渉計に熱光学効果による導波路屈折率変化を生じさせて光可変減衰機能を実現した構成であることを特徴とする請求項2に記載の光パス監視装置。

【請求項4】 光可変減衰器は、半導体レーザ光増幅器を用いて構成されたことを特徴とする請求項2に記載の光パス監視装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、波長多重化伝送路で光パスの設定状態を監視する光パス監視装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 パイロット・トーン（以下「PLT」という）信号を用いて伝送路状態を監視する技術は、単一波長システムではすでに実用化されており、波長多重化伝送路で用いる方式についても論文発表されている。しかし、従来の監視方式には光パスの設定状態を即時的に把握できる機能は備えられていない。ここでは、波長多重化伝送路でPLT信号を用いた従来の伝送路監視方式について説明する。

【0003】 図5は、従来の伝送路監視方式の概要を示す（参考文献、G.R.Hill, et al., "A Transport Netw

ork 1 Layer Based on Optical Network Elements", IEEE Journal of Lightwave Technology, vol. 11, No. 5/6, pp. 674-675, 1993)。図において、発信ノードAでは主信号にPLT信号を周波数多重して重畳する。中間ノードBでは、信号光を終端することなくPLT信号をモニタすることにより伝送路状態を監視する。PLT信号の周波数は波長多重する信号光（チャネル）ごとに異なっており、各周波数のPLT信号のレベルを検出することにより各波長の信号状態を監視することができる。

【0004】 図6は、PLT信号を特定するためのデータを示す。図において、横軸はPLT用の変調周波数[kHz]、縦軸はチャネル（波長）間のクロストーク[dB]を示す。一般に、波長多重化伝送路では波長多重化するために損失を受ける光強度をEDFA（エルビウム添加光ファイバ増幅器）等で増幅してノードから送出する。EDFAは利得飽和領域で用いることになるが、飽和利得の応答速度はミリ秒のオーダーである。それより低速な強度変調成分が信号光に含まれていると、チャネル間でクロストークとなり相互干渉を及ぼすことになる。飽和利得の応答速度より十分に高速に変調されたPLT信号を用いると利得が揺らぐ一定となるので、他の波長に影響を及ぼすことはなくなる。上記の参考文献では10kHz以上が適していると述べている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上述した従来技術を用いたとしても、光パスのクロスコネクションを信号光の状態で空間的に行う光パス・クロスコネクトシステムでは、光パス設定状態を把握することは困難であった。困難となる例を以下に示す。図7は、5つのノード間に設定される光パスの様子を示す。ノードB、Cからそれぞれ2波長の信号光が送出され、ノードAを経由してノードDとノードEに向かう。ノードBから送出された波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ により張られる光パスはそれぞれノードD、Eに向かう。同様に、ノードCから送出された波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ により張られる光パスはそれぞれノードE、Dに向かう。

【0006】 このように5つのノード間で張られる4本の光パスにおいて、従来技術のように波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ にそれぞれ周波数 $f_1$ 、 $f_2$ のPLT信号が重畳されているとする。ノードEでは、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ によって張られた光パスを終端することになる。このとき、波長 $\lambda_1$ の信号光がノードBからのものであるかノードCからのものであるかは、PLT信号からは判別不能である。同様に、ノードAの出力端でも送出している方向が正しいか否かをPLT信号から判別できない。

【0007】 図8は、ノード内の光パス・クロスコネクトシステムの構成例を示す（参考文献：古賀 他、「光パス・クロスコネクトシステム—5ノード間伝達実験—」、1995年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会講演論文集2、論文番号SB-9-4）。図において、光パス・

クロスコネクトシステムの入力と出力には、それぞれN本の光ファイバ $11_j$  ( $1 \leq j \leq N$ ) が用意されており、目的のノードと接続される。各光ファイバには、M波の波長多重された信号光が伝送されている。伝送されてきたM波の信号光は、前置光増幅器 $12_j$ で一括して光強度が強められた後に、光分波器 $13_j$ で各波長の信号光に分離される。各波長の信号光は光識別再生器 $14_i$  ( $1 \leq i \leq M$ ) に入力され、チャンネルごとに再生処理される。再生された各波長の信号光は合流型光スイッチ $15_j$ に入力され、光パスの切り替え(クロスコネクション)が行われる。

【0008】たとえば、光ファイバ $11_i$ から入力された波長 $\lambda_i$ の信号光(光パス)の目的とするノードが光ファイバ $18_N$ に接続されている場合には、波長 $\lambda_i$ の信号光は合流型光スイッチ $15_i$ で切り替えられて光結合器 $16_N$ へ送出され、光ファイバ $18_N$ から目的のノードへ伝送される。後置光増幅器 $17_j$ は、光識別再生器 $14_j$ から光結合器 $16_j$ の経路における光強度の損失を補償するために配置される。

【0009】図9は、合流型光スイッチ15の基本構成を示す(参考文献:上記論文)。図において、合流型光スイッチは、 $M \times N$ 個の $1 \times 2$ 光スイッチ $21$ と、N本の光ファイバ( $18_1 \sim 18_N$ )に対応するN個の $M \times 1$ 光結合器 $22$ により構成される。オン/オフ比を高めることが必要であれば、 $1 \times 2$ 光スイッチ $21$ と $M \times 1$ 光結合器 $22$ との間にゲートスイッチ(G) $23$ を挿入する。合流型光スイッチに入力されるM波の信号光は、 $1 \times 2$ 光スイッチ $21$ によってそれぞれ所定の $M \times 1$ 光結合器 $22$ へスイッチされる。要求される光パスの設定状態によっては、M波の信号光がM個の $M \times 1$ 光結合器 $22$ へそれぞれスイッチされることもあり、すべて同じ $M \times 1$ 光結合器 $22$ へスイッチされることもある。このように、光パスを目的地ごとにスイッチした後に同じ目的の光パスを合流させることから、この光スイッチ構成を合流型光スイッチと呼ぶ。

【0010】M波の波長が多重されている光パスを異なるN地から受け取る光パス・クロスコネクトシステムでは、 $M \times N$ 本の光パスを切り替える。その際、光パスが正しく切り替えられているか否かを監視する機能が必要になる。また、この問題は、図7に示したように光パスと波長が1対1に対応している波長パス(WP)構成の他に、光パスと波長が1対1に対応していない仮想波長パス(VWP)構成においても生じる。

【0011】さらに、波長多重化技術を駆使した従来の光伝送路では、各光パスの信号光レベルを一定値に調整する機能は設けられていない。一方、光パス・クロスコネクトシステムでは、光源から出力された信号光が合波されて光伝送路へ送出されるまでに、光スイッチ等の多くの受動系光部品を通過するので各光パスの信号光レベルは一定にならない。したがって、各光パスの信号対雑

音強度比(SNR)を均一にして伝送品質を向上させるためには、出力用光伝送路または出力用光増幅器の入力段において、各光パスの信号光レベルが一定になるようにレベル調整を行う必要がある。

【0012】本発明は、光パス網の概念を用いたネットワーク構成において、光パスの設定状態を監視し、光パスに対応した信号光レベルを容易に制御することができる光パス監視装置を提供することを目的とする。

【0013】

10 【課題を解決するための手段】本発明の光パス監視装置は、光パス・クロスコネクトシステムの光スイッチ部

(例えば図8の合流型光スイッチ15)で、信号光に重畳したPLT信号をモニタして光パスの設定状態および信号光レベルの監視と制御を行う。主信号光に重畳されたPLT信号には波長に固有の周波数を割り当てるので、各周波数成分の振幅値を検出することにより、波長多重化信号光の各光パスの設定状態と信号光レベルとを認識することができる。

20 【0014】さらに、検出されたPLT信号の振幅値に応じて信号光レベルを制御することにより、各光パスに対応する信号光レベルを均一に調整することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】

(第1の実施形態)図1は、本発明の光パス監視装置の第1の実施形態を示す。ここでは、図8に示す光パス・クロスコネクトシステムの光識別再生器 $14$ の光送信部において、各信号光へそれぞれ対応する周波数 $f_1, f_2, \dots, f_M$ のPLT信号を重畳し、合流型光スイッチ15の出力光の一部を分岐してPLT信号を監視する構成を示す。合流型光スイッチ15は、図9に示す構成と同じとする。信号光にPLT信号を重畳する技術は公知技術であるので説明は省略する。

30 【0016】N個の $M \times 1$ 光結合器 $22$ の出力ポートに、それぞれ信号光強度の一部を分岐する光カプラ $31$ を接続する。分岐された信号光は、それぞれフォトダイオード(PD) $32$ で電気信号に変換され、各周波数のPLT信号が抽出される。ここでは、バンドパスフィルタ(BPF) $33$ を用いて各周波数成分 $f_1, f_2, \dots, f_M$ を分離する構成を示すが、同期検波による方法でもよい。いずれも公知技術であるので説明は省略する。バンドパスフィルタ $33$ は、N個の出力ポートに対応させてN組用意してもよいが、本実施形態ではフォトダイオード $32$ からのN本の電気信号をアナログスイッチ $34$ で切り換える構成により1組で対応させている。この方が実装面積を小さくできる利点がある。

50 【0017】バンドパスフィルタ $33$ で分離された各周波数のPLT信号は、ピーク検出回路 $35$ に入力されてその振幅値が検出され、A/D変換器 $36$ でデジタル信号に変換されて制御回路 $37$ に入力される。制御回路 $37$ は、各周波数のPLT信号の振幅値と信号断を意味

する基準電圧 $V_{ref1}$ とを比較する。振幅値が $V_{ref1}$ より大きければ、アナログスイッチ34で選択した監視対象の出力ポートに光パスがクロスコネクタされていると認識でき、小さければクロスコネクタされていないと認識できる。この認識動作により、M本の光パスの各々がN個の $M \times 1$ 光結合器22のいずれにクロスコネクタされ、出力されているかを正しく認識することができるので、ノードとして光パスの設定が正しいか否かを監視することができる。また、合流型光スイッチ15の位置と入力光ファイバが対応しているので、図8に示す光パス・クロスコネクタシステムの全光パスについて監視が可能である。

【0018】(第2の実施形態)図2は、本発明の光パス監視装置の第2の実施形態を示す。本実施形態は、第1の実施形態の構成に、各光パスの信号光レベルを均一に制御する回路を付加したものである。ここでは、合流型光スイッチ15のゲートスイッチ(G)23を光可変減衰器として用いた構成を示す。

【0019】合流型光スイッチ15の各出力ポートにおける信号光レベルは、第1の実施形態の構成によって得られるPLT信号の振幅値をもとに検出可能である。制御回路37は、各周波数のPLT信号の振幅値と、 $M \times 1$ 光結合器22の出力ポートにおける所定の信号光レベルに対応した基準電圧 $V_{ref2}$  ( $> V_{ref1}$ ) とを比較し、両者が一致しているか否かを判別する。制御回路37は、出力光レベルが基準値以下である光パスの経路にあるゲートスイッチ23に対して、D/A変換器38を介してゲートスイッチ駆動回路39を制御し光減衰量を調整する。なお、N個の $M \times 1$ 光結合器22に対応するゲートスイッチ23の制御は、各周波数対応にアナログスイッチ(図示せず)を用いて切り換える構成としてもよい。これにより、各光パスの信号光レベルを均一に制御することができる。

【0020】図3は、ゲートスイッチ23およびゲートスイッチ駆動回路39の構成例を示す。図において、ゲートスイッチ23はシリカ系光導波路によって形成したマッハツェンダ干渉計とする。マッハツェンダ干渉計は、2つの方向性結合器41、42の間に2本の光導波路43、44を接続し、その一方の光導波路にヒータ45を取り付け、熱光学効果による光導波路の屈折率変化によってスイッチ動作をさせる構成である。ここでは、高いオン/オフ比を確保するために、2本のアーム長が異なる非対称型としている。2つの方向性結合器41、42の結合係数 $k$ が0.4であるときのスイッチング特性の計算結果を図4に示す。横軸はヒータ45への印加電力(相対値)、縦軸は透過率(dB)であり、信号光が入力ポートi1から入力されたときに出力ポートo1、o2へ出力される透過特性を示す。出力ポートo2に対する透過特性では30dB以上のオン/オフ比が得られることがわかる。また、印加電力によって透過率を変化させる

ことにより、信号光レベルを調整することができる。

【0021】なお、ゲートスイッチ23には、マッハツェンダ干渉計の他に半導体レーザ増幅器を用いて構成することもできる。ゲートスイッチ駆動回路39は、オペアンプ46とトランジスタ47によって構成した定電流回路を用いる。基準電圧は、D/A変換器38から与えられる。この基準電圧を変化させることにより、ヒータ45への印加電力を変化させて透過率を調整する。D/A変換器38には、制御回路37から信号光レベルを均一にするのに必要なバイナリ符号が与えられる。

【0022】ところで、本発明の光パス監視装置は、図8に示す光パス・クロスコネクタシステムの合流型光スイッチ15の出力ポートに付加する構成の他に、図10に示す光パス・クロスコネクタシステムの空間光スイッチ19にも適用できる。すなわち、空間光スイッチ19の出力ポートに出力光強度モニタ付き光減衰器を設ければよい。光パス設定状態と信号光レベルの監視は同様にして行うことができる。なお、図において、13は光分波器、14は光識別再生器、20は光合波器である。

【0023】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光パス監視装置は、光パス・クロスコネクタシステムにおいて、光パスが正しくクロスコネクタされたか否かを監視できるとともに、光スイッチ部から出力される各波長の信号光レベルの均一化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光パス監視装置の第1の実施形態を示すブロック図。

【図2】本発明の光パス監視装置の第2の実施形態を示すブロック図。

【図3】ゲートスイッチ23およびゲートスイッチ駆動回路39の構成例を示す図。

【図4】マッハツェンダ干渉計のスイッチング特性の計算結果を示す図。

【図5】従来の伝送路監視方式の概要を示す図。

【図6】PLT信号を特定するためのデータを示す図。

【図7】5つのノード間に設定される光パスの様子を示す図。

【図8】光パス・クロスコネクタシステムの構成例を示すブロック図。

【図9】合流型光スイッチ15の基本構成を示すブロック図。

【図10】光パス・クロスコネクタシステムの他の構成例を示すブロック図。

【符号の説明】

11、18 光ファイバ

12 前置光増幅器

13 光分波器

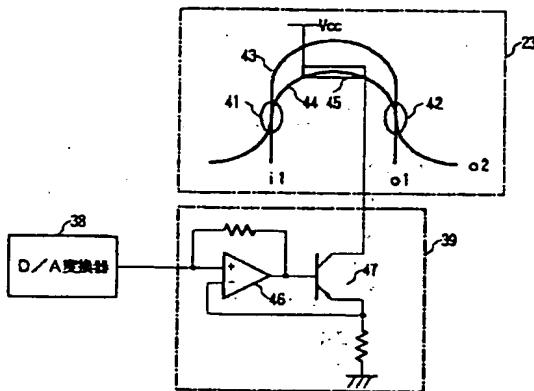
14 光識別再生器

15 合流型光スイッチ

- 16 光結合器
- 17 後置光増幅器
- 19 空間光スイッチ
- 20 光合波器
- 21  $1 \times 2$  光スイッチ
- 22  $M \times 1$  光結合器
- 23 ゲートスイッチ (G)
- 31 光カプラ
- 32 フォトダイオード (PD)
- 33 バンドパスフィルタ (BPF)
- 34 アナログスイッチ

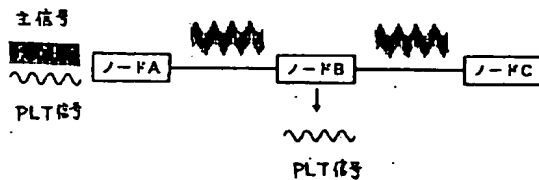
【図3】

ゲートスイッチ23およびゲートスイッチ駆動回路39の構成例



【図5】

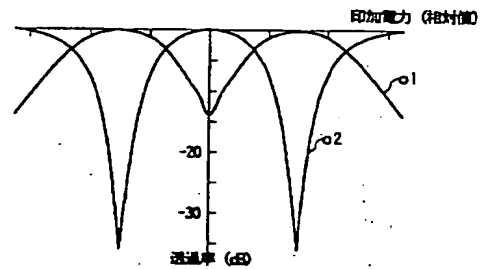
従来の伝送路監視方式の概要



- 35 ピーク検出回路
- 36 A/D変換器
- 37 制御回路
- 38 D/A変換器
- 39 ゲートスイッチ駆動回路
- 41, 42 方向性結合器
- 43, 44 光導波路
- 45 ヒータ
- 46 オペアンプ
- 10 47 トランジスタ

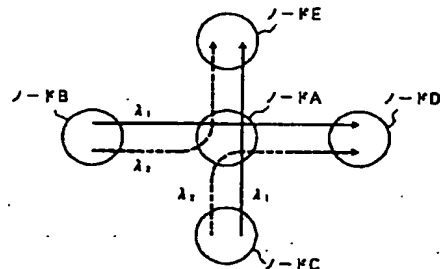
【図4】

マッハツェンダ干渉計のスイッチング特性の計算結果



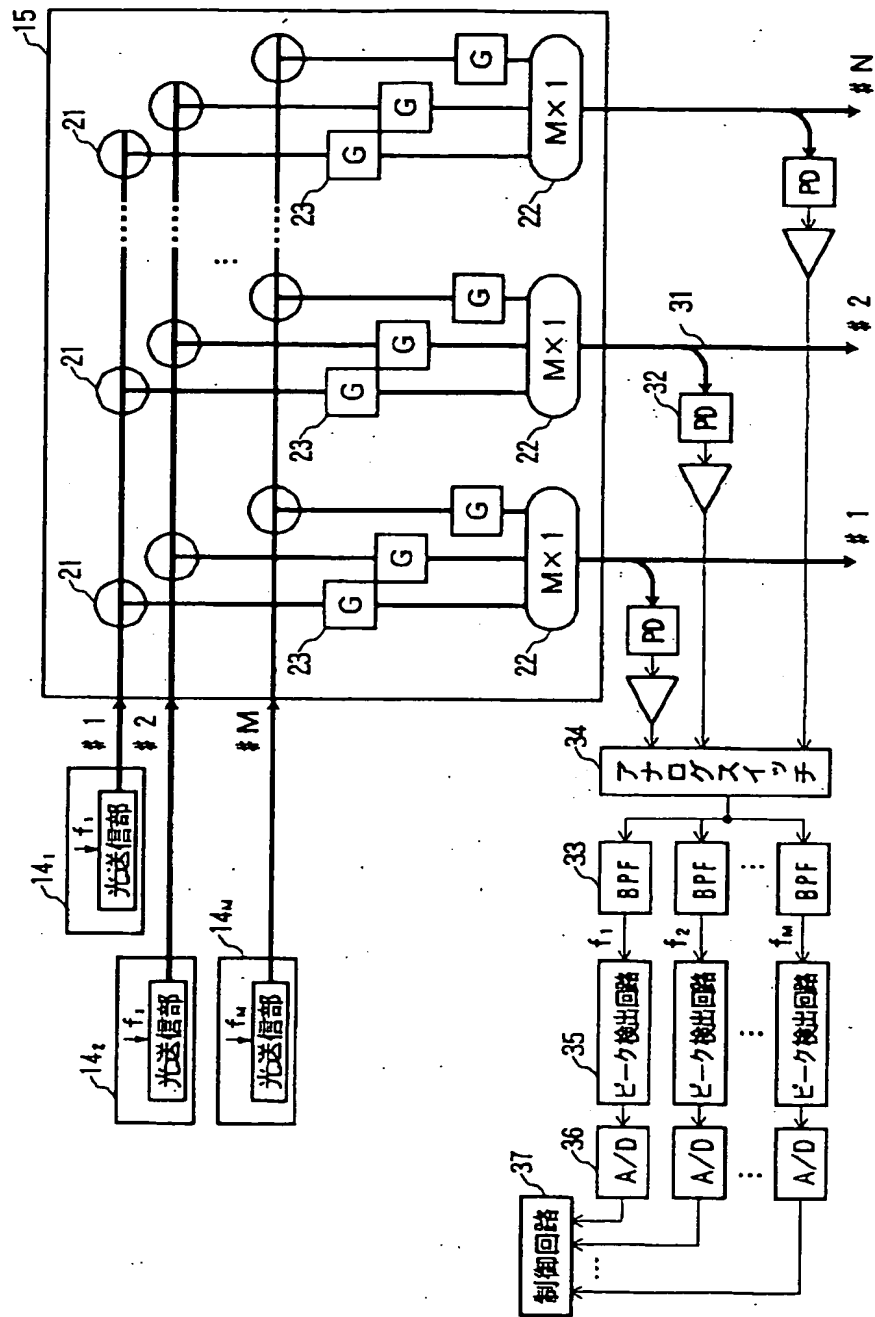
【図7】

5つのノード間に設定される光パスの様子



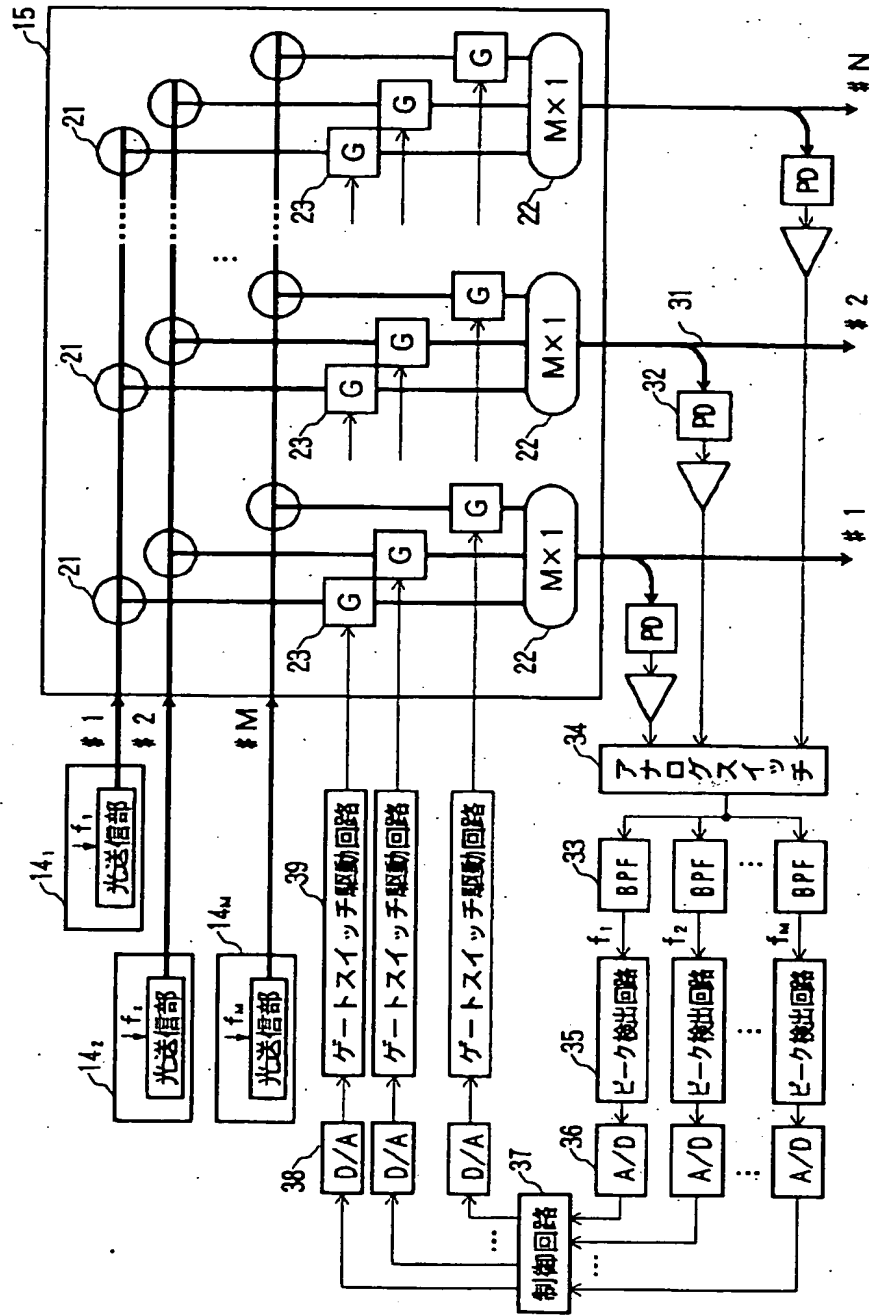
【図 1】

本発明の光バス監視装置の第 1 の実施形態



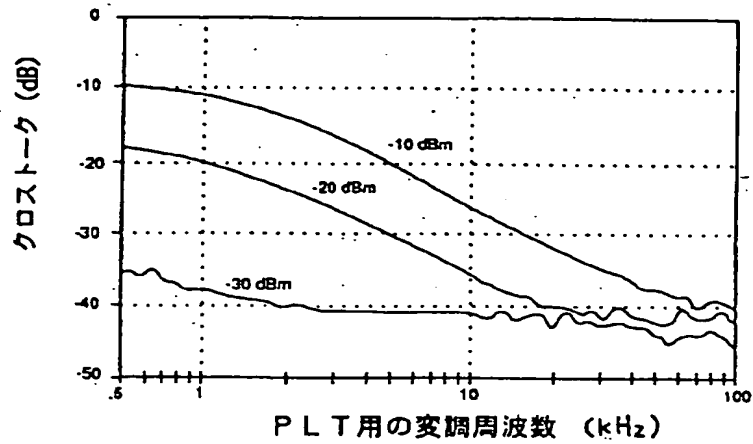
【図2】

本発明の光バス監視装置の第2の実施形態



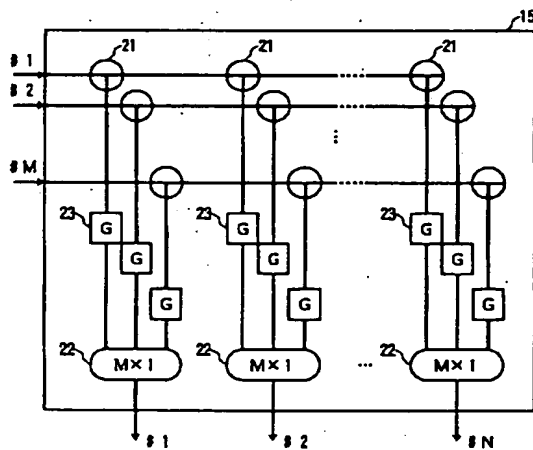
【図6】

P L T 信号を特定するためのデータ



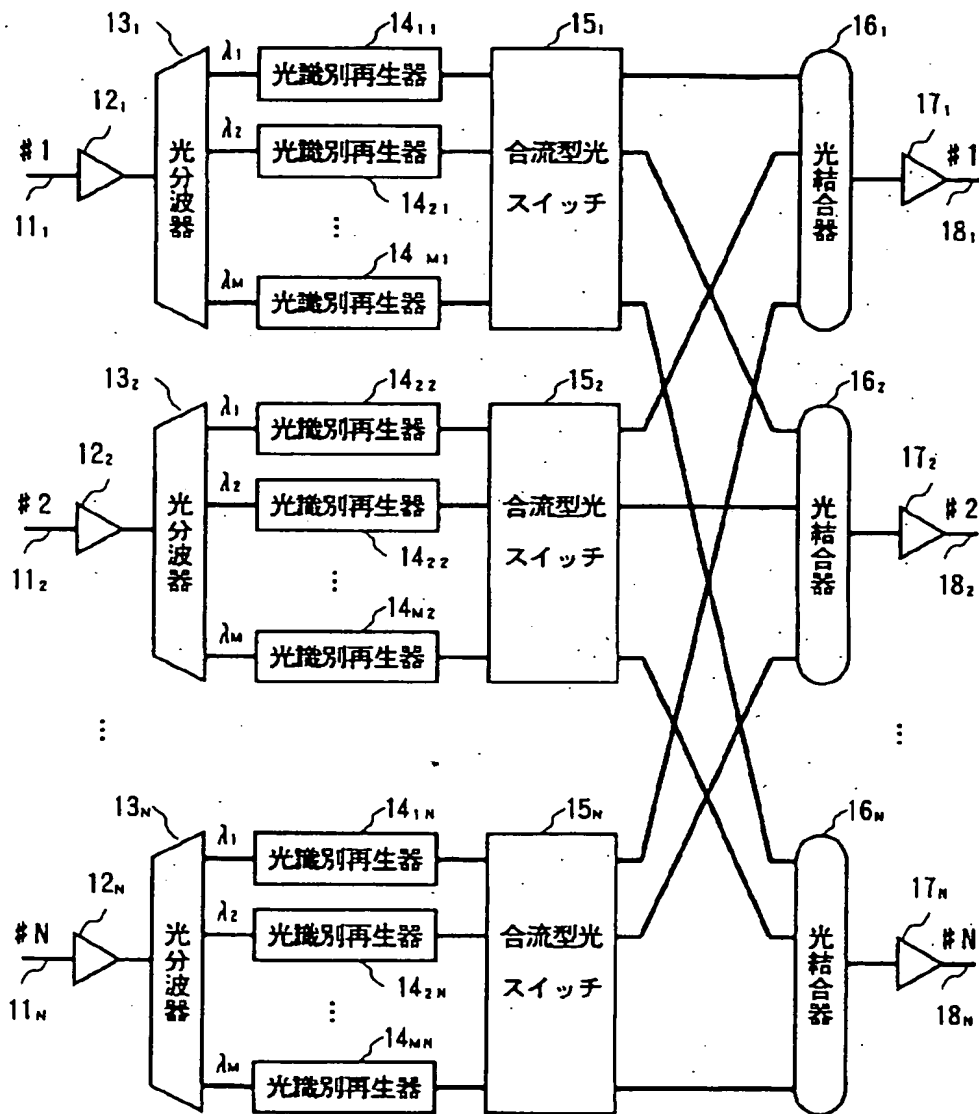
【図9】

合流型光スイッチ 5 の基本構成



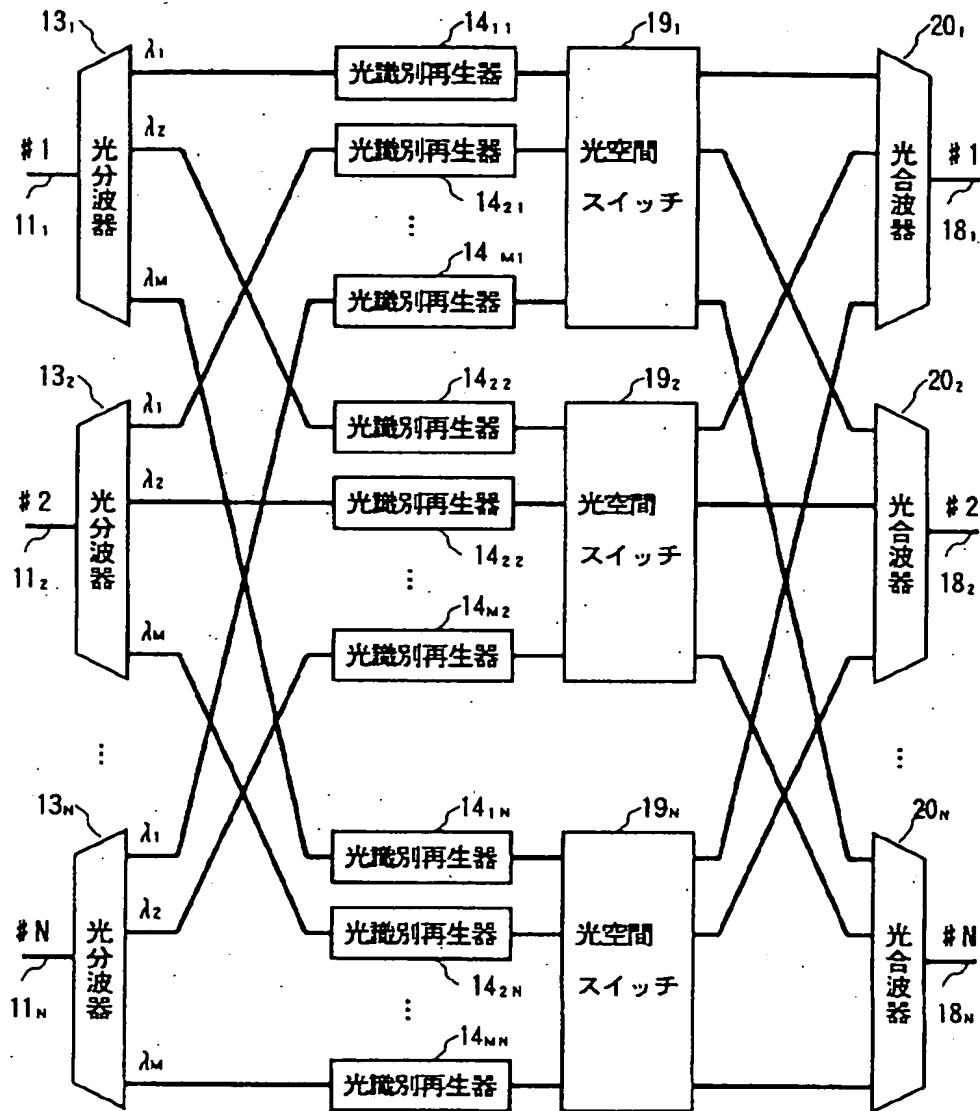
【図 8】

## 光パス・クロスコネクトシステムの構成例



【図 10】

## 光バス・クロスコネクトシステムの他の構成例



フロントページの続き

(51) Int. Cl. °

H04Q 3/52

識別記号

庁内整理番号

F I

H04B 9/00

技術表示箇所

T